

บทสรุปผู้บริหาร

ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ลดลงตามอายุการใช้งาน จำนวนรอบการทำงาน และสถานะแวดล้อม ขณะที่การวัดแรงดันเพียงอย่างเดียวไม่สามารถสะท้อนการเปลี่ยนแปลงของความจุและความต้านทานภายในของแบตเตอรี่ได้อย่างครบถ้วน โครงการนี้จึงออกแบบและพัฒนา ASET Battery Tester ซึ่งเป็นระบบทดสอบสมรรถนะและประเมินสุขภาพแบตเตอรี่แบบอัตโนมัติสำหรับแบตเตอรี่ตะกั่วกรดชนิด VRLA/AGM โดยบูรณาการแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงแบบโปรแกรมได้ GW Instek PSW 80-40.5 และ โหลดอิเล็กทรอนิกส์ PEL-3111 ที่มีอยู่เดิมในห้องปฏิบัติการ เข้ากับซอฟต์แวร์ควบคุมและวิเคราะห์ที่พัฒนาด้วย Python/PySide6 และสื่อสารกับเครื่องมือผ่าน SCPI/PyVISA ระบบใช้การต่อวัดแบบ 4-Wire Kelvin สำหรับการวิเคราะห์ความต้านทาน และรองรับโหมด Quick Scan, HPPC, Capacity Test และ Cycle Life Test พร้อมบันทึกข้อมูลแรงดัน กระแส อุณหภูมิ และตราประทับเวลา การวิเคราะห์ครอบคลุมความจุ สถานะสุขภาพแบตเตอรี่ (SoH) ความต้านทานภายใน พารามิเตอร์ของแบบจำลองวงจรสมมูล Thevenin 1-RC และการประมาณสถานะประจุ (SoC) ด้วย Extended Kalman Filter (EKF) นอกจากนี้ ระบบยังประกอบด้วยกลไกป้องกันแรงดันเกิน แรงดันต่ำ และอุณหภูมิเกิน ร่วมกับ Solid-State Relay (SSR), Circuit Breaker และ Emergency Stop (E-STOP)

ผลการทดลองพบว่าอัตราการเก็บข้อมูลในช่วงความเร็วสูงอยู่ที่ประมาณ 6.06–8.40 Hz ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 3 Hz การทดสอบ C10 ที่กำหนดกระแสคายประจุ 0.500 A วัดความจุได้ประมาณ 4.292 Ah จากความจุอ้างอิง 5.0 Ah คิดเป็น Capacity-based SoH ประมาณ 85.85% ระบบ UVP มีแรงดันตัดเฉลี่ย 10.47 V และระบบ OTP ทำงานที่อุณหภูมิเฉลี่ย 45.68°C โดยการทดสอบ OVP, UVP, OTP และ E-STOP ให้การตอบสนองครบ 12 จาก 12 ครั้ง การวิเคราะห์ Quick Scan จำนวน 3 รอบให้ค่า R_0 จากการประมาณแบบจำลองและปรับที่อุณหภูมิอ้างอิง 25°C เท่ากับ 34.61, 32.21 และ 35.34 m Ω มีค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันเท่ากับ 4.80% อย่างไรก็ตาม พบช่วงเวลาหลังการเปลี่ยนกระแสสูงสุด 1.374 s ซึ่งเกินเกณฑ์ 0.5 s สำหรับการวิเคราะห์ Pulse-DCIR ส่วนการประมวลผล EKF แบบย้อนหลังให้ค่า MAE 3.60 จุดเปอร์เซ็นต์ และ RMSE 4.57 จุดเปอร์เซ็นต์ แต่ยังไม่มีความอ้างอิง SoC อิสระที่เชิงโครโนซ์เวลาเดียวกัน จึงยังไม่สามารถพิสูจน์ยืนยันความถูกต้องของ EKF ได้อย่างสมบูรณ์ เช่นเดียวกับระบบจัดระดับแบตเตอรี่แบบใช้กฎซึ่งยังต้องมีกรณีทดสอบที่สามารถเปรียบเทียบผลที่คาดหวังกับผลที่ระบบให้

จริงได้อย่างตรวจสอบย้อนกลับได้ โดยสรุป ระบบต้นแบบแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการบูรณาการเครื่องมือในห้องปฏิบัติการ ระบบควบคุมอัตโนมัติ การวิเคราะห์แบตเตอรี่ การตรวจสอบย้อนกลับของข้อมูล และระบบความปลอดภัยให้อยู่ในระบบทดสอบแบตเตอรี่เดียวกัน

จิรัชัมพร	พิมพ์อ้น
ธนาวุฒิ	ผิวขำ
ธีระเทพ	พิมพ์าลัย
พนเลิศ	มูลพันธ์
อนุสรณ์	หลักคำ



Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani University

ABSTRACT

Battery performance deteriorates with aging, charge–discharge cycling, and environmental conditions. Voltage measurement alone cannot fully characterize changes in battery capacity and internal resistance. Therefore, this project designed and developed the ASET Battery Tester, an automated battery performance testing and health assessment system for valve-regulated lead-acid (VRLA/AGM) batteries. The system integrates existing laboratory instruments, including a GW Instek PSW 80-40.5 programmable DC power supply and a PEL-3111 electronic load, with control and analysis software developed using Python and PySide6. Instrument communication is implemented through SCPI commands and PyVISA. A four-wire Kelvin measurement configuration is employed for resistance analysis. The system supports Quick Scan, Hybrid Pulse Power Characterization (HPPC), Capacity Test, and Cycle Life Test modes, with time-stamped voltage, current, and temperature data logging. Its analytical functions include capacity determination, State of Health (SoH) assessment, internal resistance estimation, parameter identification for a first-order Thevenin equivalent circuit model (1-RC ECM), and State of Charge (SoC) estimation using an Extended Kalman Filter (EKF). Safety features include overvoltage protection (OVP), undervoltage protection (UVP), and overtemperature protection (OTP), together with a solid-state relay (SSR), circuit breaker, and emergency stop (E-STOP).

Experimental results demonstrated a high-speed data acquisition rate of approximately 6.06–8.40 Hz, exceeding the minimum requirement of 3 Hz. In the C10 discharge test conducted at 0.500 A, the measured capacity was approximately 4.292 Ah against a reference capacity of 5.0 Ah, corresponding to a capacity-based SoH of

approximately 85.85%. The UVP function exhibited an average cutoff voltage of 10.47 V, while the OTP function activated at an average temperature of 45.68 °C. All 12 trials of the OVP, UVP, OTP, and E-STOP functions produced the required responses. Three Quick Scan trials yielded model-estimated internal resistance values normalized to the reference temperature of 25 °C of 34.61, 32.21, and 35.34 m Ω , with a coefficient of variation of 4.80%. However, the maximum observed delay following a current transition was 1.374 s, exceeding the 0.5 s criterion for Pulse-DCIR analysis. Offline EKF replay produced a mean absolute error (MAE) of 3.60 percentage points and a root mean square error (RMSE) of 4.57 percentage points. Nevertheless, the absence of an independently measured SoC reference synchronized with the measurement timestamps prevents complete validation of EKF estimation accuracy. Similarly, the rule-based battery grading system requires additional test cases that enable traceable comparisons between expected classifications and actual system outputs. Overall, the prototype demonstrates the feasibility of integrating existing laboratory instruments, automated control, battery analysis, data traceability, and safety mechanisms into a unified battery testing system.

Thikamporn	Phimon
Thanawut	Piwkham
Theerathep	Pimpalai
Phanlert	Moonphan
Anuson	Lakkham